

10/DE 2007/001283

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 09 AUG 2004

WIPO

PCT

DE 04/1283

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 29 049.4

Anmeldetag: 27. Juni 2003

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht,
Schutzschicht, Verwendung derselben und Bau-
teil mit einer Schutzschicht

IPC: C 23 F, B 05 D, F 01 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

P802740

Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht, Schutzschicht, Verwendung derselben und Bauteil mit einer Schutzschicht

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht nach dem
5 Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Schutzschicht nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10, ein Bauteil mit einer Schutzschicht sowie die Verwendung der Schutzschicht.

Beim Betrieb von Bauteilen, insbesondere Bauteilen von Gasturbinen, bei hohen
10 Temperaturen sind deren freie Oberflächen stark erodierenden, korrodierenden und oxidierenden Bedingungen ausgesetzt. Beim Einsatz in Gasturbinen können derartige Bauteile zum Beispiel aus einer Superlegierung auf Nickelbasis oder Kobaltbasis bestehen. Zum Schutz vor Erosion oder auch Korrosion und Oxidation werden die Bauteile mit Beschichtungen versehen. Aus der DE 198 07 636 C1 und der DE 199 09
15 675 A1 sind Beschichtungen zum Schutz vor Korrosion, Oxidation oder auch Erosion bekannt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein
neuartiges Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht und eine neuartige Schutzschicht zu schaffen. Weiterhin liegt es im Sinne der Erfindung, ein Bauteil mit einer
20 Schutzschicht und eine Verwendung für eine derartige Schutzschicht vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

25 Erfindungsgemäß wird mindestens ein Lackwerkstoff bereitgestellt, wobei der Lackwerkstoff ein vorzugsweise mit Partikeln vermisches Phosphat oder Silikat ist. Mindestens eine Schicht des oder jeden Lackwerkstoffs wird auf ein vor Erosion zu schützendes Bauteil aufgetragen. Die oder jede aufgetragene Lackschicht wird in
30 eine Glasschicht umgewandelt.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden mehrere Lackschichten entweder auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis auf das Bauteil aufgetragen, wobei sich die Lackschichten durch die zugesetzten Partikel unterscheiden. Das mit den

Lackschichten beschichtete Bauteil wird erhitzt und anschließend abgekühlt, wobei zwischen den ursprünglich voneinander getrennten Lackschichten eine Phosphatglasbindung oder eine Silikatglasbindung entsteht.

- 5 Die erfindungsgemäße Schutzschicht ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 10 gekennzeichnet. Das erfindungsgemäße Bauteil ist im Patentanspruch 16, die erfindungsgemäße Verwendung ist in den Patentansprüchen 18 und 19 definiert.
- 10 Die erfindungsgemäße Schutzschicht kann mit einer Schichtenfolge aus wenigstens zwei unterschiedlichen Schichten, z. B. einer Lackschicht auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis mit zugesetztem Aluminiumpulver und/oder mit zugesetzten Hohlkugeln und einer Lackschicht auf Phosphatbasis oder Silikatbasis mit zugesetzten Keramikpartikeln und/oder Nitritpartikeln, sich mehrfach wiederholend aufgebaut sein und
- 15 auf diese Weise ein sog. „Multilayer“ bilden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

- 20 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine perspektivische Ansicht einer Schaufel einer Gasturbine; und

- 25 Fig. 2: einen Rotor einer Gasturbine mit integraler Beschaukelung.

- Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail erläutert. Fig. 1 zeigt eine Schaufel einer Gasturbine, Fig. 2 zeigt einen Rotor einer Gasturbine mit integraler Beschaukelung. Beide Bauteile sind mit der erfindungsgemäßen Schutzschicht beschichtet, die im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens auf dieselben aufgebracht wird.
- 30

Zur Herstellung der erosionsbeständigen Beschichtung für ein Bauteil werden vorzugsweise vor der Beschichtung die zu beschichtenden Oberflächen des Bauteils

gestrahlt, um so eine metallisch blanke Oberfläche am Bauteil zu erhalten. Anstelle des Strahlens kann selbstverständlich jedes andere Verfahren eingesetzt werden, um eine metallisch blanke Oberfläche zu erhalten.

5 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer erosionsbeständigen Schutzschicht wird nachfolgend in drei Hauptschritten vorgegangen. In einem ersten Hauptschritt wird mindestens ein Lackwerkstoff bereitgestellt, wobei der oder jeder Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder Silikatbasis besteht und wobei dem oder je-
10 destens eine Schicht des oder jeden Lackwerkstoffs auf ein vor Erosion zu schützenden Bauteil aufgetragen. Anschließend wird in einem dritten Hauptschritt die oder jede aufgetragene Lackschicht in eine Glasschicht umgewandelt. Nachfolgend wird auf die einzelnen Hauptschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens in größerem Detail eingegangen.

15

Wie bereits oben erwähnt, wird in einem ersten Hauptschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens mindestens ein Lackwerkstoff bereitgestellt. Bei dem Lackwerkstoff handelt es sich um ein Phosphat oder ein Silikat, in das Partikel eingelagert sind. Soll ein zu beschichtendes Bauteil mit mehreren Lackschichten beschichtet werden, so wer-
20 den mehrere Lackwerkstoffe bereitgestellt, die entweder auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis bestehen und die sich durch die zugesetzten Partikel unterscheiden. So liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dem Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder Silikatbasis ein Aluminiumpulver oder Hohlkugeln zuzusetzen. Ein derartiger Lackwerkstoff wird dann vorzugsweise für eine bauteilnahe Lackschicht bzw.
25 Beschichtung verwendet. Weiterhin liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, einen Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder Silikatbasis bereitzustellen, dem als Partikel Keramikpartikel oder Nitritpartikel zugesetzt werden. Ein derartiger Lackwerkstoff wird vorzugsweise für eine bauteilferne, äußere Lackschicht bzw. Beschichtung verwendet. Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung,
30 ein zu beschichtendes und vor Erosion zu schützendes Bauteil mit mehreren Lagen von Lackwerkstoffen zu beschichten, wobei diese Lackwerkstofflagen entweder auf Silikatbasis oder auf Phosphatbasis aufgebaut sind. Die einzelnen Lagen unterscheiden sich durch die dem Phosphat oder Silikat zugesetzten Partikel. Abhängig davon, ob die Schicht in Bauteilnähe oder Bauteilferne aufgetragen wird, also abhängig da-

von, ob die Lackschicht eine innere oder eine äußere Beschichtung bildet, unterscheiden sich die von der Lackschicht zu übernehmenden Aufgaben und damit die dem Phosphat oder Silikat zugesetzten Partikel.

- 5 In einem zweiten Hauptschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das vor Erosion zu schützende Bauteil vorzugsweise mit mehreren Lagen der bereitgestellten Lackwerkstoffe beschichtet. Das Beschichten erfolgt durch Lackieren, d.h. durch Auftragen mittels Tauchen, Spritzen oder Pinseln. Diese Beschichtungsverfahren sind mit einfachen Mitteln und damit kostengünstig durchführbar.

10

Nach dem lackiertechnischen Auftragen der oder jeden Schicht auf das vor Erosion zu schützende Bauteil wird das beschichtete Bauteil einem Umwandlungsverfahren unterzogen. Hierbei wird das beschichtete Bauteil erhitzt und anschließend abgekühlt. Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass bei diesem Umwand-

- 15 lingsprozess die Lackschichten auf Phosphatbasis oder Silikatbasis in ein Glas umgewandelt werden. Das beschichtete Bauteil wird hierzu, wie bereits erwähnt, erhitzt und abschließend abgekühlt, ohne dass eine Kristallisation der Lackwerkstoffe auf Phosphatbasis oder Silikatbasis stattfindet.

- 20 In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, dass alle Schichten eines vor Erosion zu schützenden Bauteils entweder mit einem Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder einem Lackwerkstoff auf Silikatbasis erzeugt werden. Beim Umwandlungsprozess ist dann gewährleistet, dass die ursprünglich voneinander getrennten Schichten eine durchgehende Phosphatglasbindung oder Silikatglasbindung eingehen. Die ur-
- 25 sprünglich voneinander getrennten Schichten werden demnach in eine einzelne Phosphatglasschicht oder Silikatglasschicht umgewandelt, wobei abhängig vom Abstand zu der Oberfläche des zu beschichtenden Bauteils die unterschiedlichen Partikeln in die Phosphatglasschicht oder die Silikatglasschicht eingelagert sind. Demnach bleibt der gradiell unterschiedliche Aufbau bzw. die gradiell unterschiedliche
- 30 Zusammensetzung der Beschichtung beibehalten, ohne jedoch die Probleme von getrennten Schichten bzw. Lagen aufzuweisen.

Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, als abschließende Deckschicht eine Antifouling-Schicht auf das Bauteil aufzutragen. Unter Fouling versteht

man die Ablagerung von Schmutzpartikeln oder auch von Organismen auf Material-
oberflächen. Sogenannte Antifouling-Beschichtungen verhindern demnach das An-
haften von Verunreinigungen auf der Oberfläche des Bauteils. Aus dem Stand der
Technik sind unterschiedliche Antifouling-Beschichtungen bekannt. Die Auswahl ei-
5 ner geeigneten Antifouling-Schicht obliegt dem hier angesprochenen Fachmann.

Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die erosionsbeständige
Schutzschicht auf die gasumströmten Bauteile einer Gasturbine, insbesondere eines
Flugzeugtriebwerks, aufzutragen. Es kann sich hierbei um alle gasumströmten Bau-
10 teile einer Gasturbine handeln. Bevorzugt ist jedoch die Verwendung der erfindungs-
gemäßen Schutzschicht auf Schaufeln einer Gasturbine oder auf Rotoren mit inte-
graler Beschaukelung, nämlich auf sogenannten Bladed Disks (Blisks) oder sogenann-
ten Blades Rings (Blings).

15 So zeigt Fig. 1 stark schematisiert eine perspektivische Ansicht einer Schaufeln 10
einer Gasturbine. Die Schaufel 10 umfasst ein Schaufelblatt 11, welches aus einem
faserverstärkten Kunststoff bestehen kann und welches an einem metallischen, aus
einer Titan-Basislegierung bestehenden Schaufelfuß 12 befestigt ist. Eine derartige
Schaufel 10 wird beispielsweise in einem Verdichter einer Gasturbine eingesetzt und
20 mit ihrem Schaufelfuß 12 an einem Rotorkranz bzw. einem Rotorträger befestigt. Die
Ausbildung des Schaufelblatts 11 aus faserverstärktem Kunststoff erweist sich im
Hinblick auf eine Gewichtsreduzierung als vorteilhaft. Nachteile bestehen jedoch in
dem unzureichenden Verschleißverhalten gegen Erosion. Aus diesem Grund wird die
Schaufel 10 mit einer Schutzschicht 13 beschichtet, wobei die Schutzschicht 13 im
25 Sinne des oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahrens auf das Schaufelblatt
11 bzw. die gesamte Schaufel 10 aufgebracht wird. Die Schutzschicht 13 besteht
demnach im wesentlichen aus einem Phosphatglas oder einem Silikatglas mit in das
Phosphatglas oder in das Silikatglas eingelagerten Partikeln. Abhängig vom Abstand
zur Oberfläche des Schaufelblatts 11 sind in das Phosphatglas oder das Silikatglas
30 unterschiedliche Partikel eingelagert. In Nähe zur Oberfläche des Bauteils bzw. des
Schaufelblatts 11 ist ein Aluminiumpulver eingelagert. Alternativ können auch Hohl-
kugeln eingelagert sein. In Bauteilferne können Keramikpartikel oder Nitritpartikel in
das Phosphatglas oder Silikatglas eingelagert sein. Als abschließende Deckschicht
ist vorzugsweise eine Antifouling-Schicht aufgebracht.

Fig. 2 zeigt einen integral beschaukelten Rotor 14 in einer im Detail nicht-dargestellten Gasturbine. Der Rotor 14 verfügt an seiner Umfangsfläche 15 über mehrere, im allgemeinen äquidistant angeordnete und im wesentlichen sich in Radialrichtung erstreckende Schaufeln 16, die integraler Bestandteil des Rotors 14 sind.
5 Ein derartiger Rotor 14 mit integraler Beschaukelung wird auch als Bladed Disk (Blisk) oder Bladed Ring (Bling) bezeichnet, je nachdem ob der Rotor als Scheibe oder Ring ausgebildet ist. Ein solcher Rotor 10 mit integraler Beschaukelung kann ein schlechtes Verschleißverhalten gegenüber Erosion aufweisen. Zur Verbesserung des Widerstands gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß während des Betriebs des
10 Rotors 14 trägt derselbe eine erfindungsgemäße Schutzschicht 17. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird für diese Schutzschicht 17 auf die obigen Ausführungen verwiesen.

15 Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, eine Schutzschicht gegen Erosion für die gasumströmten Bauteile eines Flugzeugtriebwerks dadurch bereitzustellen, dass ein Bauteil mit mindestens einer Schicht eines Lackwerkstoffs auf Phosphatbasis oder Silikatbasis versehen wird. In den Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder Silikatbasis können unterschiedliche Partikel eingelagert sein. In einem
20 nachgelagerten Prozess wird das beschichtete Bauteil einem Umwandlungsprozess unterzogen, wobei dabei das Phosphat oder Silikat in ein Phosphatglas oder Silikatglas umgewandelt wird. Bei der Beschichtung des Bauteils mit mehreren Lackschichten gehen die einzelnen Lackschichten entweder eine Phosphatglasbindung oder Silikatglasbindung ein. Die einzelnen Lagen unterscheiden sich durch die dem Phosphat oder dem Silikat zugesetzten Partikeln.
25

Die erfindungsgemäße Schutzschicht kann kostengünstig mit einfachen Mitteln hergestellt werden. Die Eigenschaften der Schutzschicht lassen sich durch Auswahl und Schichtung verschiedener Lagen genau einstellen. Ein Anhaften von Schmutzpartikeln oder Organismen wird durch eine Antifouling-Schicht vermieden. Bedingt
30 dadurch, dass die einzelnen Lackschichten nach dem Umwandlungsprozess eine Phosphatglasbindung oder Silikatglasbindung eingehen, können die Probleme voneinander getrennter Lagen vermieden werden. Hierdurch wird die Gefahr von flächigen Abplatzungen der Beschichtung vermieden.

Bezugszeichenliste

	Schaufel	10
5	Schaufelblatt	11
	Schaufelfuß	12
	Schutzschicht	13
	Rotor	14
	Umfangsfläche	15
10	Schaufel	16
	Schutzschicht	17

Patentansprüche

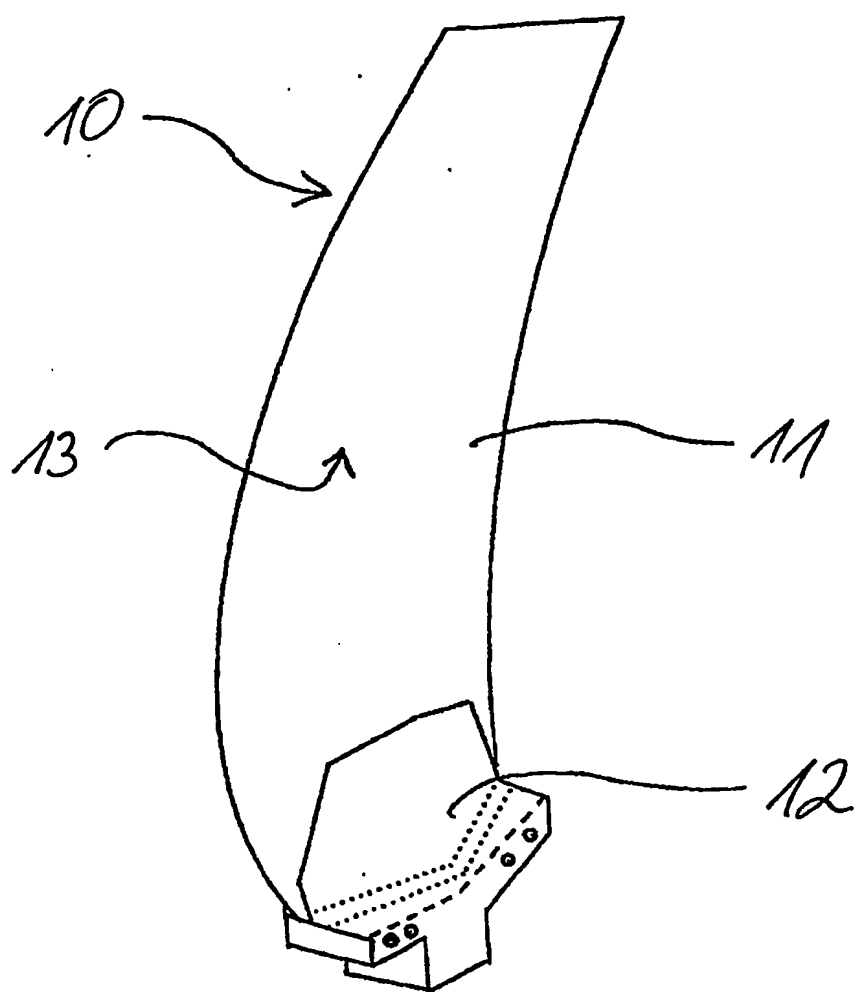
1. Verfahren zur Herstellung einer erosionsbeständigen Schutzschicht,
gekennzeichnet dadurch:
- 5 a) Bereitstellen mindestens eines Lackwerkstoffs, wobei der Lackwerkstoff ein vorzugsweise mit Partikeln vermisches Phosphat oder Silikat ist,
- b) Auftragen mindestens einer Schicht des oder jeden Lackwerkstoffs auf ein vor Erosion zu schützendes Bauteil,
- 10 c) Umwandeln der oder jeder aufgetragenen Lackschicht in eine Glasschicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Verfahrensschritt a) mehrere Lackwerkstoffe entweder auf
15 Phosphatbasis oder auf Silikatbasis bereitgestellt werden, wobei die Lackwerkstoffe sich jeweils durch die dem Phosphat oder dem Silikat zugesetzten Partikel unterscheiden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Verfahrensschritt b) mehrere Lackschichten entweder
20 auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis auf das Bauteil aufgetragen werden, wobei sich die Lackschichten durch die zugesetzten Partikel unterscheiden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine bauteilnahe Lackschicht ein Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis mit zugesetztem Aluminiumpulver und/oder mit zugesetzten Hohlkugeln verwendet wird.
25
5. Verfahren nach Ansprüchen 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine bauteilferne, äußere Lackschicht ein Lackwerkstoff auf Phosphatbasis oder auf Silikatbasis mit zugesetzten Keramikpartikeln und/oder Nitridpartikeln verwendet wird.
30

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bereitstellung einer äußeren, eine Deckschicht bildenden Schicht eine Antifouling-Schicht aufgetragen wird.
- 5 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schichtfolge aus wenigstens zwei unterschiedlichen Schichten sich mehrfach wiederholend aufgetragen wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Verfahrensschritt c) das mit den Lackschichten beschichtete Bauteil erhitzt und anschließend abgekühlt wird, wobei zwischen den ursprünglich voneinander getrennten Lackschichten eine Phosphatglasbindung oder eine Silikatglasbindung entsteht.
- 10 15 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Verfahrensschritt b) die oder jede Lackschicht durch Lackieren, insbesondere durch Tauchen, Spritzen oder Streichen, aufgetragen wird.
- 20 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Bauteil ein gasumströmtes Bauteil einer Gasturbine beschichtet wird.
- 25 11. Schutzschicht, nämlich erosionsbeständige Schutzschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsmechanisch belasteten Bauteils aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht im wesentlichen aus einem Phosphatglas oder einem Silikatglas mit in das Phosphatglas oder das Silikatglas eingelagerten Partikeln besteht.
- 30 12. Schutzschicht nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Phosphatglas oder das Silikatglas abhängig vom Abstand zum zu beschichtenden Bauteil unterschiedliche Partikel eingelagert sind.

13. Schutzschicht nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Bauteilnähe Aluminiumpulver und/oder Hohlkugeln eingelagert sind.
- 5 14. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Bauteilferne Keramikpartikel und/oder Nitridpartikel eingelagert sind.
- 10 15. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine äußere, eine Deckschicht bildende Schicht als Antifouling-Schicht ausgebildet ist.
- 15 16. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schichtenfolge aus wenigstens zwei unterschiedlichen Schichten sich mehrfach wiederholend ausgebildet ist.
- 20 17. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieselbe auf einem gasumströmten Bauteil eines Gasturbine, insbesondere eines Flugzeugtriebwerks, aufgebracht ist.
- 25 18. Bauteil einer Gasturbine, insbesondere eines Flugzeugtriebwerks, **gekennzeichnet durch** eine Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 17.
- 30 19. Bauteil nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil als gasumströmten Bauteil eines Flugzeugtriebwerks, insbesondere als Verdichtertorotor mit integraler Beschaukelung, ausgebildet ist.
20. Verwendung einer Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 17 auf einem gasumströmten Bauteil eines Gasturbine, insbesondere auf einem gasumströmten Bauteil eines Flugzeugtriebwerks.
21. Verwendung einer Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 17 auf einem Rotor mit integraler Beschaukelung, nämlich auf einer

P802740

sogenannten Blisk (Bladed Disk) eines Verdichters einer Gasturbine, insbesondere eines Flugzeugtriebwerks.

Fig. 1

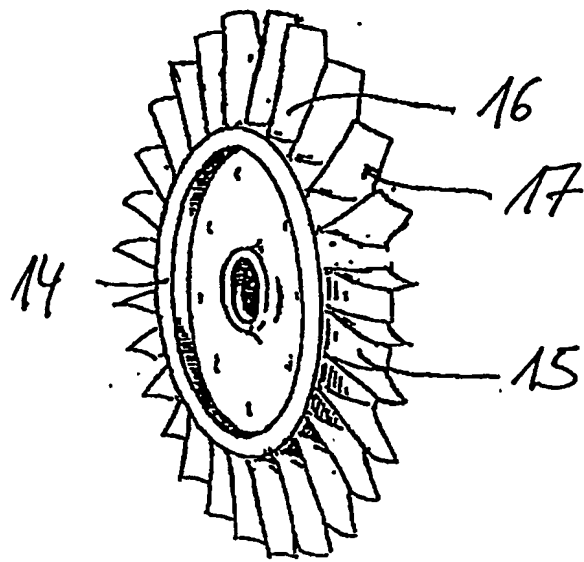


Fig. 2

Zusammenfassung

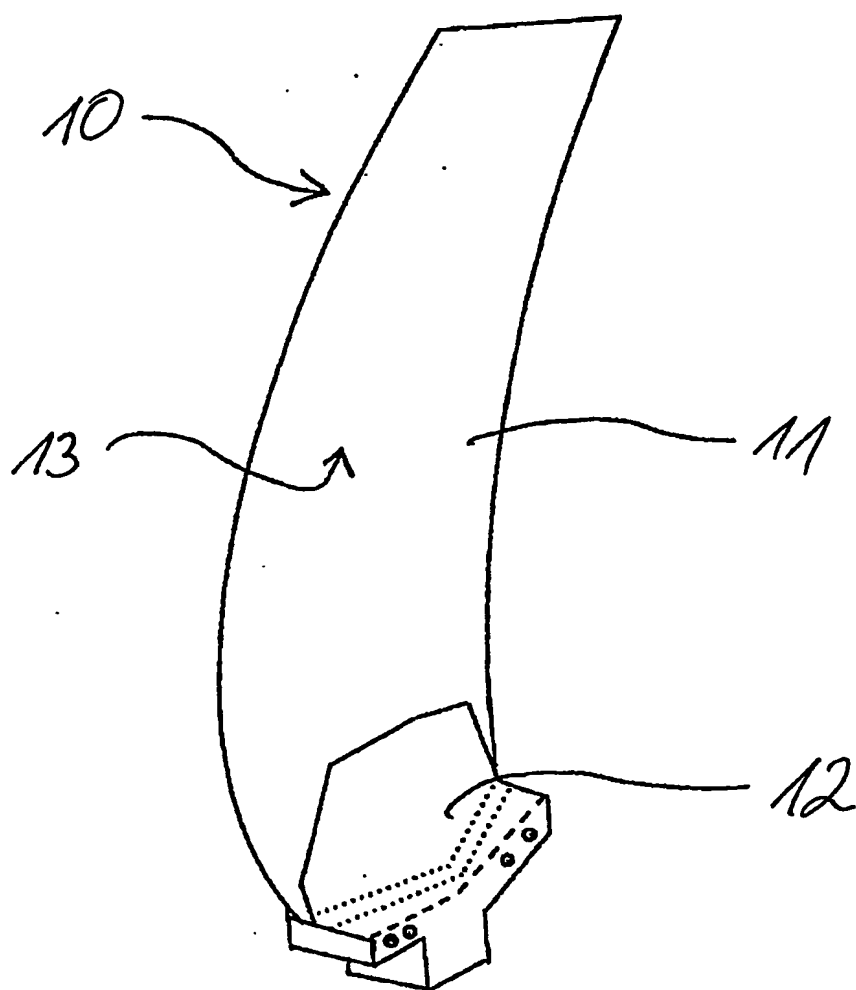
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer erosionsbeständigen Schutzschicht.

5

Erfindungsgemäß wird mindestens eine Lackwerkstoffs bereitgestellt, wobei der Lackwerkstoff ein mit Partikeln vermisches Phosphat oder Silikat ist. Anschließend wird mindestens einer Schicht des oder jeden Lackwerkstoffs auf ein vor Erosion zu schützendes Bauteil aufgetragen. Darauffolgend wird Umwandeln die oder jede auf-

10

getragene Lackschicht in eine Glasschicht umgewandelt (Fig. 1).

Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.